

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
13. Juni 2002 (13.06.2002)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 02/46782 A1

(51) Internationale Patentklassifikation⁷: G01R 31/26S, 27/26

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP01/13902

(22) Internationales Anmeldedatum: 28. November 2001 (28.11.2001)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität: 100 61 106.0 7. Dezember 2000 (07.12.2000) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT ZUR FÖRDERUNG DER ANGEWANDTEN FORSCHUNG E.V. [DE/DE]; Leonrodstrasse 54, 80636 München (DE).

(72) Erfinder; und

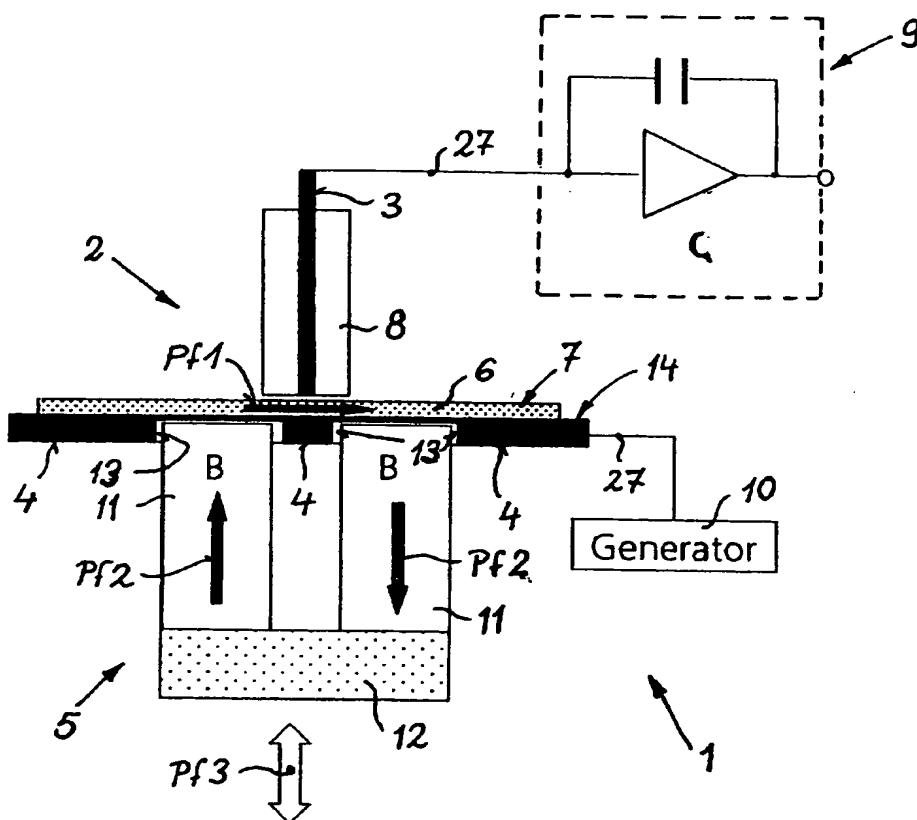
(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): JANTZ, Wolfgang [DE/DE]; Kaiserstuhlstr. 1, 79232 March (DE). STIBAL, Rudolf [DE/DE]; Dilgerhofstr. 12, 79117 Freiburg (DE).

(74) Anwälte: MAUCHER, Wolfgang usw.; Dreikönigstrasse 13, 79102 Freiburg i. Br. (DE).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR CHECKING ELECTRICAL MATERIAL PROPERTIES

(54) Bezeichnung: VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR ÜBERPRÜFUNG ELEKTRISCHER MATERIALEIGENSCHAFTEN



(57) Abstract: The invention relates to a device comprising a measuring system (1). Said device is used to check electrical material properties of high-resistance, preferably semi-insulating, materials, especially wafers consisting of connecting semiconductor material, as a test sample (7). Said test sample is placed, in the form of a dielectric with losses, in the field region of a capacitive probe (2), and electrical parameters (K) are determined in a contact-free manner. The specific electrical resistance can be derived from said parameters. Once the electrical parameters (K_0) have been determined, electrical parameters (K_B) are determined at least one more time, with simultaneous action of a magnetic field of a known size on the test sample. The charge carrier mobility (μ) is then determined on the basis of the electrical parameters (K_0 ; K_B) and the magnetic flux density (B) of the magnetic field.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 02/46782 A1



(81) Bestimmungsstaaten (national): AE, AG, AL, AM, AT, AT (Gebrauchsmuster), AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, CZ (Gebrauchsmuster), DE, DE (Gebrauchsmuster), DK, DK (Gebrauchsmuster), DM, DZ, EC, EE, EE (Gebrauchsmuster), ES, FI, FI (Gebrauchsmuster), GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (regional): ARIPO-Patent (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK,

ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR), OAPI-Patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

- mit internationalem Recherchenbericht
- vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eintreffen

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

(57) Zusammenfassung: Eine Vorrichtung mit einer Messanordnung (1) dient zur Überprüfung elektrischer Materialeigenschaften von hochohmigen, vorzugsweise semi-isolierenden Materialien, insbesondere von Wafern aus Verbindungshalbleitermaterial als Prüfling (7), wobei der Prüfling als verlustbehaftetes Dielektrikum in den Feldbereich einer kapazitiven Sonde (2) eingesetzt und kontaktfrei elektrische Kenngrößen (K) ermittelt werden. Aus diesen ist der spezifische, elektrische Widerstand ableitbar. Nach der Ermittlung der elektrischen Kenngrößen (K_0) wird wenigstens eine weiter Ermittlung elektrischer Kenngrößen (K_B) unter gleichzeitiger Einwirkung eines Magnetfeldes bekannter Grösse auf den Prüfling vorgenommen. Anschliessend wird aus den elektrischen Kenngrößen (K_0 ; K_B) und der magnetischen Flussdichte (B) des Magnetfeldes die Ladungsträgerbeweglichkeit (μ) ermittelt.

**Verfahren und Vorrichtung zur Überprüfung elektrischer
Materialeigenschaften**

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Überprüfung
5 elektrischer Materialeigenschaften von hochohmigen, vorzugsweise
semi-isolierenden Materialien, insbesondere von Wafers aus
Verbindungshalbleitermaterial als Prüfling, wobei der Prüfling
als verlustbehaftetes Dielektrikum in den Feldbereich einer
10 kapazitiven Sonde eingesetzt und kontaktfrei elektrische
Kenngrößen ermittelt werden, aus denen der spezifische,
elektrische Widerstand ableitbar ist.

Außerdem bezieht sich die Erfindung auf eine Vorrichtung zur
Durchführung des Verfahrens mittels einer kapazitiven Sonde zur
kontaktfreien Ermittlung elektrischer Kenngrößen des Prüflings.

Wafer aus semi-isolierendem Material wie zum Beispiel Indium-
Phosphid (InP) oder aus Gallium-Arsenid (GaAs) werden zur
Herstellung von mikroelektronischen Bauelementen verwendet. Sie
weisen einen spezifischen Widerstand von etwa $10^6 \Omega \text{ cm}$ bis $10^9 \Omega$
20 cm auf. Für eine weitestgehend ausschußfreie Produktion solcher
Bauelemente ist es erforderlich, die dafür verwendeten Wafer
hinsichtlich ihrer elektrischen Materialeigenschaften zu
überprüfen.

25 Aus R. Stibal, J. Windscheif and W. Jantz, Contactless evaluation
of semi-isolating GaAs wafer resistivity using the time-dependent
charge measurement. Semicond. Sci. Technol. 6 (1991), ist es bereits
bekannt, mittels einer kapazitiven Messung berührungslos den
spezifischen Widerstand eines Waferbereichs zu ermitteln. Die
30 Messung nach dieser Methode wird mit einer kapazitiven Sonde
durchgeführt. Durch Annäherung der Sonde an das zu untersuchende
Material und einer Rückelektrode ist ein Kondensator gebildet,
der durch das zu untersuchende Medium ein verlustbehaftetes
Dielektrikum enthält. Außerdem wird ein luftgefüllter Kondensator

vergleichbarer Kapazität gebildet. Es lässt sich so der spezifische Widerstand durch Anlegen eines Spannungspulses oder einer elektrischen Wechselspannung ermitteln.

5 Für eine weitergehende elektrische Beurteilung des Wafer-Materials
ist es bekannt, die Ladungsträgerbeweglichkeit zu ermitteln. Dazu
wird in der industriellen Praxis als Standardverfahren der Hall-
Effekt eingesetzt. Dazu muß die zu charakterisierende, in der
routinemäßigen Materialkontrolle meist großflächige Wafer-Scheibe
10 zerlegt und eine typisch 1 cm x 1 cm große Probe mit vier
galvanischen Kontakten versehen werden. Diese Präparation und
auch die Messung sind zeitaufwendig. Das Meßverfahren ist
zerstörend, begrenzt ortsauflösend und nicht topographiefähig.

15 Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein Verfahren und eine Vorrichtung zu schaffen, womit eine praktisch vollständige Bestimmung der elektrischen Eigenschaften des Wafer-Materiale möglich ist.

20 Hinsichtlich des erfindungsgemäßen Verfahrens wird vorgeschla-
gen, daß nach der Ermittlung der elektrischen Kenngrößen (K_0)
wenigstens eine weitere Ermittlung elektrischer Kenngrößen (K_B)
unter gleichzeitiger Einwirkung eines Magnetfeldes bekannter Größe
auf den Prüfling vorgenommen wird und daß anschließend aus den
25 elektrischen Kenngrößen ($K_0; K_B$) und der magnetischen Flußdichte
(B) des Magnetfeldes die Ladungsträgerbeweglichkeit (μ) ermittelt
wird.

30 Mit diesem Verfahren kann sowohl der spezifische, elektrische Widerstand als auch die Ladungsträgerbeweglichkeit ermittelt werden, so daß damit vollständige elektrische Materialeigenschaften zur Beurteilung der Waferqualität zur Verfügung stehen. Das Meßergebnis entspricht einer konventionellen Messung mit Hall-Effekt, es ist jedoch nicht notwendig, eine Probe aus der zu

analysierenden Wafer-Scheibe herauszuschneiden und galvanische Kontakte anzubringen. Die kontaktfreie, zerstörungsfreie Messung erspart Arbeitsaufwand und Materialeinsatz. Die Messung ist an frei wählbarer Stelle auf der Scheibe durchführbar und kann zu einer topographischen Untersuchung eingesetzt werden.

Zweckmäßigerweise wird aus den elektrischen Kenngrößen ($K_0; K_B$) zum einen bei gleichzeitiger Einwirkung eines Magnetfeldes bekannter Größe auf den Prüfling und zum anderen ohne Einwirkung dieses Magnetfeldes und der magnetischen Flußdichte (B) des Magnetfeldes die Ladungsträgerbeweglichkeit (μ) nach der Formel

$$\mu = 1/B * ((K_B - K_0) / K_0)^{1/2}$$

15 berechnet.

Eine solche Berechnung ist einfach durchführbar. Die physikalische Grundlage ist der geometrische Magnetowiderstand. In vereinfachter Form ist der spezifische Widerstand (ρ) der Probe, die sich in einem Magnetfeld B befindet, durch

20

$$\rho_B = \rho_0 * (1 + (\mu * B)^2)$$

gegeben, wobei ρ_0 der Widerstand ohne Magnetfeld ist. Er erhöht sich beispielsweise für kommerzielles, semi-isolierendes Gallium-Arsenid in einem Magnetfeld von 6.0000 Gauss (0,6 Tesla) um ca. 25 15 Prozent.

Das Verfahren beinhaltet somit die kontaktfreie kapazitive Widerstandsmessung ohne Magnetfeld und zusätzlich in einem geeignet orientierten Magnetfeld auszuführen und entsprechend 30 der vorgenannten Formel die Ladungsträgerbeweglichkeit (μ) zu ermitteln.

Die erfindungsgemäße Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens mit einer kapazitiven Sonde zur kontaktfreien Ermittlung

elektrischer Kenngrößen des Prüflings ist dadurch gekennzeichnet, daß sie eine Magnetanordnung zur Erzeugung eines den Prüfling während der kapazitiven Messung zumindest im Meßbereich durchflutenden, hinreichend homogenes Magnetfeldes aufweist.

5 Wie bereits in Verbindung mit dem erfindungsgemäßen Verfahren beschrieben, liefert ein solches Meßsystem eine vollständige, elektrische Materialcharakterisierung und insbesondere auch die jeweilige Ladungsträgerbeweglichkeit.

10 Eine vorteilhafte Weiterbildung der Erfindung sieht vor, daß eine Positioniereinrichtung zum Positionieren der Magnetanordnung und der kapazitiven Sonde relativ zueinander zwischen einer Magnetisierstellung mit Einwirkung der magnetischen Durchflutung auf den Prüfling und einer Trennstellung ohne magnetische Durchflutung des Prüflings vorgesehen ist.

Mit der Positioniereinrichtung kann die Umstellung der Meßanordnung zwischen Messung mit und ohne Einwirkung eines magnetischen Feldes einfach und schnell vorgenommen werden.

20 Zusätzliche Ausgestaltungen der Erfindung sind in den weiteren Unteransprüchen aufgeführt. Nachstehend ist die Erfindung mit ihren wesentlichen Einzelheiten anhand der Zeichnungen noch näher erläutert.

25

Es zeigt:

Fig. 1 eine Meßanordnung mit einer kapazitiven Sonde und einer Magnetanordnung sowie schematisch angedeuteter Auswerteeinrichtung,

30

Fig. 2 ein Diagramm, in welchem über der Zeitachse die Ladung Q aufgetragen ist und in dem unterschiedliche Ladungstransienten dargestellt sind,

Fig. 3 ein elektrisches Ersatzschaltbild der Meßanordnung mit kapazitiver Sonde,

Fig. 4

5 bis 6 Meßanordnungen mit Plattenkondensatoren und Magnet-
anordnungen in unterschiedlichen Ausführungsformen und

Fig. 7

10 bis 9 Meßanordnungen mit Ringkondensatoren und Magnet-
anordnungen in unterschiedlichen Ausführungsformen.

Eine in Fig. 1 gezeigte Meßanordnung 1 weist eine kapazitive Sonde 2 mit zwei zueinander beabstandeten Elektroden 3 und 4 sowie einer Magnetanordnung 5 auf. Die Sonde ist in diesem Ausführungsbeispiel
15 als Plattenkondensator ausgebildet, wobei die Elektrode 4 plattenförmig und die Elektrode 3 stab- oder zylinderförmig ausgebildet sind. Das der Elektrode 4 zugewandte Stirnende der zylinderförmigen Elektrode 3 sowie die dieser zugewandte Flachseite der Elektrode 4 sind parallel mit Abstand zueinander
20 angeordnet und dazwischen befindet sich der scheibenförmige, insbesondere durch einen Wafer 6 gebildete Prüfling 7.

Die stab- oder zylinderförmige Elektrode 3 ist von einer durch
25 eine Isolierung getrennte Schirmelektrode 8 umgeben, um die Verteilung des elektrischen Feldes zu homogenisieren.

Die Elektroden 3 und 4 sind mittels elektrischer Zuleitungen 27 an eine schematisch durch einen Ladungsverstärker 9 und einen Generator 10 angedeutete Auswerteschaltung angeschlossen.
30

Die Magnetanordnung 5 ist im Ausführungsbeispiel so positioniert, daß im Meßbereich zwischen den beiden Elektroden 3 und 4 eine magnetische Durchflutung des Prüflings 7 gemäß dem Pfeil Pf1 parallel zur flachseitigen Erstreckungsebene der Elektrodenplatte

4 vorhanden ist.

Die Magnetanordnung 5 ist U-förmig mit zwei Permanentmagneten 11 als Schenkel und einer diese an einem Ende verbindenden Weicheisenplatte 12 ausgebildet. Die Magnetisierung der beiden 5 Permanentmagnete 11 ist entsprechend den beiden Pfeilen Pf2 etwa rechtwinklig zur Ebene der Elektrode 4 ausgerichtet.

Die freien Enden der U-förmigen Magnetanordnung 5 greifen im Ausführungsbeispiel in Ausnehmungen 13 der plattenförmigen Elektrode 4 ein. Dadurch wird eine zu dem Prüfling 7 passende 10 Positionierung ermöglicht, durch die die horizontale Komponente (Pf1) des Magnetfeldes in dem zwischen den Kondensatorplatten befindlichen Prüfling-Volumen ausreichend groß und hinreichend homogen ist.

Die Elektrode 4 bildet im Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 1 15 gleichzeitig auch eine Auflageplatte 14 für den Prüfling 7 und weist daher zur mechanischen Stabilisierung eine entsprechende Dicke auf, die es erforderlich macht, Ausnehmungen 13 zum exakten Positionieren der Magnetanordnung 5 relativ zum Prüfling 7 zu ermöglichen. Bei ausreichend dünner Elektrode 4 wären diese 20 Ausnehmungen nicht erforderlich.

Durch den Doppelpfeil Pf3 ist angedeutet, daß die Magnetanordnung 5 relativ zu der kapazitiven Sonde 2 positionierbar ist und zwischen der in Fig. 1 gezeigten Magnetisierstellung und einer 25 Trennstellung mit ausreichend großem Abstand zur kapazitiven Sonde 2 verstellbar ist. Dadurch wird das Ermitteln elektrischer Kenngrößen des Prüflings unter Einwirkung eines Magnetfeldes und bei in Trennstellung befindlicher Magnetanordnung 5 das Ermitteln elektrischer Kenngrößen ohne Einwirkung eines 30 Magnetfeldes möglich.

Mit der Meßanordnung 1 kann ohne Einwirkung eines Magnetfeldes der spezifische elektrische Widerstand des Prüflings 7 im Meßbereich zwischen den Elektroden 3 und 4 ermittelt werden, wie

dies auch schon beim Stand der Technik der Fall ist. Durch die Anordnung der kapazitiven Sonde 2 und des Prüflings 7 relativ zueinander, wie dies in Fig. 3 anhand des Ersatzschaltbildes dargestellt ist, sind eine Probenkapazität C_p , ein Probenwiderstand R_p und eine Luftkapazität C_L definiert. Durch eine zeitabhängige Messung des Ladungsverlaufs können der Anfangswert Q_0 , der Endwert Q_∞ und die Zeitkonstante τ_0 ermittelt und daraus der spezifische elektrische Widerstand errechnet werden (vergleiche auch Diagramm Fig. 2).

10 Somit wäre mit der Meßanordnung 1 auch die Bestimmung des spezifischen elektrischen Widerstandes möglich. Erfindungsgemäß soll jedoch die Ladungsträgerbeweglichkeit μ innerhalb des Prüflings 7 bestimmt werden. Dazu wird die vorbeschriebene kapazitive Messung ohne Einfluß eines Magnetfeldes auf den 15 Prüfling 7 durchgeführt und anschließend eine weitere Messung, bei der sich die Magneten 5 in der in Fig. 1 gezeigten Position, also in Magnetisier- oder Durchflutungsstellung befindet. Dabei wird der Prüfling auch im Bereich der den Meßbereich definierenden Elektroden 3 und 4 gemäß dem Pfeil Pf1 20 magnetisch durchflutet.

Aus den Ladungstransienten ohne Magnetfeld und mit Magnetfeld, deren unterschiedlicher Verlauf in Fig. 2 dargestellt ist, können die jeweiligen Zeitkonstanten τ_0 und τ_B ermittelt werden.

25 Der spezifische Widerstand errechnet sich ohne Magnetfeld wie folgt:

$$Q_0 = Q_0/Q_\infty * \tau_0 (\epsilon_0 * \epsilon)$$

30 wobei ϵ_0 die Dielektrizitätskonstante und ϵ die Dielektrizitätszahl des Prüflingmaterials ist.

Der spezifische Widerstand ρ mit Magnetfeld errechnet sich wie

folgt:

$$Q_B = Q_0/Q_\infty * \tau_B / (\varepsilon_0 * \varepsilon)$$

5 Der spezifische Widerstand mit und ohne Einwirkung eines Magnetfeldes ist jeweils direkt proportional τ_0 und τ_B . Damit können im Ausführungsbeispiel als elektrische Kenngrößen K_0 und K_B die Zeitkonstanten T_0 und T_B oder die daraus abgeleiteten spezifischen Widerstände ϱ_0 und ϱ_B zur Ermittlung der Ladungs-
10 trägerbeweglich μ eingesetzt werden.

Erwähnt sei noch, daß auch andere elektrische Kenngrößen, aus denen der elektrische Widerstand ableitbar ist, je nach Meßaufbau, herangezogen werden könnten, zum Beispiel $\omega_0 = 1/\tau_0$ (Ausführungs-
15 beispiel im Frequenzbereich) oder ω_E (Eckfrequenz) oder $C_{(\omega)}$, $\delta_{(\omega)}$ (frequenzabhängige Kapazität oder Verlustwinkel mit Meßbrücken).

Fig. 4 zeigt eine Meßanordnung 1, die prinzipiell aufgebaut ist wie die Meßanordnung gemäß Fig. 1, es wird hier jedoch eine
20 Magnetanordnung 5a mit Elektromagneten 15 verwendet. Die U-förmige Magnetanordnung aus Weicheisen trägt dazu auf den beiden U-Schenkeln 28 Spulen 16, die an eine an- und abschaltbare Spannungs- bzw. Stromquelle anschließbar sind und daher keiner Trennstellung bedürfen.

25 Fig. 5 zeigt eine Meßanordnung 1, bei der die plattenförmige Elektrode 4a kleinflächiger als bei den Ausführungsformen gemäß Fig. 1 und 4 ausgeführt ist und sich zwischen den Schenkeln der Magnetanordnung 5 befindet. Als Träger für den Prüfling 7 dient in diesem Ausführungsbeispiel eine Halterung 17, die als ringförmiger Rahmen den Prüfling 7 außenrandseitig unterstützt. Die Halterung 17 ist mit einer hier nicht näher dargestellten Positioniereinrichtung verbunden, mittels der die Halterung und

damit der daraufliegende Prüfling 7 vorzugsweise in X/Y-Richtung gemäß der Pfeilanordnung Pf4 positionierbar ist. Damit ist praktisch jede Stelle des flächigen Prüflings 7 zwischen die Elektroden 3 und 4a positionierbar, so daß die Messung an frei wählbarer Stelle durchführbar ist und so eine topographische Untersuchung des Prüflings 7 ermöglicht ist.

5 Eine solche Positioniereinrichtung kann auch bei anderen Ausführungsformen von kapazitiven Sonden 2 und/oder Magnetanordnungen 5,5a bis 5e vorgesehen sein, so daß topographische 10 Messungen möglich sind.

Fig. 6 zeigt eine Meßanordnung 1, bei der die kapazitive Sonde 2 eine plattenförmige Elektrode 4b als Auflage für den Prüfling 7 und eine stabförmige Elektrode 3 mit Schirmelektrode 8 als 15 Gegenpol aufweist. Die Magnetordnung 5b weist zwei Polschuhe 18 mit Aufnahmeschlitten 19 zur bereichsweisen Aufnahme der plattenförmigen Elektrode 4b zusammen mit dem darauf befindlichen Prüfling 7 auf. Die Polschuhe 18 sind Teil eines hier nicht näher 20 dargestellten Elektromagneten. Diese Anordnung mit geschlitzten Polschuhen ist vorteilhaft, um großflächige Scheiben als Prüfling 7 unzerteilt evaluieren zu können.

Die Meßanordnung 1 gemäß Fig. 7 zeigt eine kapazitive Sonde 2 mit Ringkondensator-Anordnung. Diese weist eine Ringplattenelektrode 20 mit einer zentralen Öffnung 21 auf, in die eine stabförmige Elektrode 22 mit oder ohne Abschirmung eintaucht. Durch eine Abschirmung der Elektrode 22 wird ein Übersprechen 25 auf die Stabelektrode verhindert. Der Prüfling 7 liegt auf der Ringplattenelektrode 20 und weist mit seiner Unterseite einen 30 Abstand zur Stirnfläche der Elektrode 22 auf, so daß durch diesen Luftspalt der Kondensator C_t gemäß Fig. 3 gebildet ist.

Die Polschuhe 18 sind beidseitig der Flachseiten der Ringkondensator-Anordnung positioniert, so daß die magnetische Durchflutung des Prüflings 7 etwa rechtwinklig zu dessen

flachseitiger Erstreckungsebene und zur Ebene der Ringplattenelektrode 20 erfolgt.

Die elektrischen Zuleitungen 27 zu den beiden Elektroden 20, 22 sind seitlich herausgeführt, um eine möglichst geringe Bauhöhe der kapazitiven Sonde 2 zu erreichen. Dadurch kann der Polschuhabstand des Elektromagneten kleingehalten werden, um bei gegebenem Strom ein möglichst großes Magnetfeld zu erzeugen.

Um den Abstand zwischen den Polschuhen 18 noch weiter verkleinern zu können, kann die Ringplattenelektrode 20a gemäß Fig. 8 durch einen Magneten oder einen Polschuh 18 der Magnetenordnung 5d gebildet sein.

Die auch den Polschuh 18 bildende Ringplattenelektrode 20a weist eine zentrale Durchtrittsöffnung 23 für die stabförmige Elektrode 22 auf. An dem Prüfling 7 zugewandten Ende ist die Durchtrittsöffnung mit einer Erweiterung 24 versehen.

Da hier eine mechanische Verbindung zwischen kapazitiver Sonde 2 und Magnetenordnung 5d vorhanden ist, und somit für die Messung ohne Einwirkung eines Magnetfeldes auf den Prüfling 7 ein Umpositionieren in Trennstellung nicht möglich ist, wird ein Elektromagnet mit Polschuhen 18 eingesetzt, der entsprechend eingeschaltet werden kann.

Die Meßanordnung 1 gemäß Fig. 9 zeigt eine kapazitive Sonde 2 entsprechend der in Fig. 7 gezeigten sowie eine Magnetenordnung 5e mit einem U-förmigen Weicheisenjoch 25 und an den Innenseiten der freien Enden angeordneten Permanentmagneten 26 auf. Zwischen diesen Permanentmagneten 26 ist die kapazitive Sonde 2 angeordnet. Durch den Doppelpfeil Pf3 ist gekennzeichnet, daß die Magnetenordnung 5e relativ zu der kapazitiven Sonde 2 verschoben werden kann, so daß die Messungen unter Einwirkung des Magnetfeldes und ohne Einwirkung des Magnetfeldes nacheinander vorgenommen werden können.

/Ansprüche

Ansprüche

1. Verfahren zur Überprüfung elektrischer Materialeigenschaften von hochohmigen, vorzugsweise semi-isolierenden Materialien, insbesondere von Wafern aus Verbindungshalbleitermaterial als Prüfling, wobei der Prüfling als verlustbehaftetes Dielektrikum in den Feldbereich einer kapazitiven Sonde eingesetzt und kontaktfrei elektrische Kenngrößen (K) ermittelt werden, aus denen der spezifische, elektrische Widerstand ableitbar ist, dadurch gekennzeichnet, daß nach der Ermittlung der elektrischen Kenngrößen (K_0) wenigstens eine weitere Ermittlung elektrischer Kenngrößen (K_B) unter gleichzeitiger Einwirkung eines Magnetfeldes bekannter Größe auf den Prüfling vorgenommen wird und daß anschließend aus den elektrischen Kenngrößen ($K_0; K_B$) und der magnetischen Flußdichte (B) des Magnetfeldes die Ladungsträgerbeweglichkeit (μ) ermittelt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß aus den elektrischen Kenngrößen ($K_0; K_B$) zum einen bei gleichzeitiger Einwirkung eines Magnetfeldes bekannter Größe auf den Prüfling und zum anderen ohne Einwirkung dieses Magnetfeldes und der magnetischen Flußdichte (B) des Magnetfeldes die Ladungsträgerbeweglichkeit (μ) nach der Formel $1/B * ((K_B - K_0) / K_0)^{1/2}$ berechnet wird.
3. Vorrichtung zur Überprüfung elektrischer Materialeigenschaften von hochohmigen, vorzugsweise semi-isolierenden Materialien, insbesondere von Wafers aus Verbindungshalbleitermaterial als Prüfling, mit einer kapazitiven Sonde zur kontaktfreien Ermittlung elektrischer Kenngrößen ($K_0; K_B$) des Prüfling, zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Vorrichtung eine

Magnetenordnung (5,5a bis 5e) zur Erzeugung eines den Prüfling (7) während der kapazitiven Messung zumindest im Meßbereich durchflutenden Magnetfeldes aufweist.

- 5 4. Vorrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß eine Positioniereinrichtung zum Positionieren der Magnetenordnung (5,5e) und der kapazitiven Sonde relativ zueinander zwischen einer Magnetisierstellung mit Einwirkung der magnetischen Durchflutung auf den Prüfling (7) und einer Trennstellung ohne magnetische Durchflutung des Prüflings (7) vorgesehen ist.
- 10 5. Vorrichtung nach Anspruch 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, daß die kapazitive Sonde als Plattenkondensator mit zwei zueinander beabstandeten Elektroden ausgebildet ist, daß der Prüfling (7) während der Ermittlung der elektrischen Kenngrößen ($K_0; K_B$) zwischen den Elektroden angeordnet ist und daß die Magnetenordnung (5,5a bis 5b) Permanentmagnete (11) oder Polschuhe (18) eines Elektromagneten zur magnetischen Durchflutung des Prüflings (7) aufweisen.
- 15 20 6. Vorrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß der Plattenkondensator eine Plattenelektrode (4,4a,4b) und eine mit ihrem Ende der Plattenelektrode zugewandte Stabelektrode (3), vorzugsweise mit einer sie umgebenden, rohrförmigen Schirmelektrode (8) aufweist.
- 25 7. Vorrichtung nach Anspruch 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Richtung der magnetischen Durchflutung des Prüflings (7) etwa parallel zur flachseitigen Erstreckungsebene der Kondensatorplatte(n) orientiert ist.
- 30 8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 3 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Magnetenordnung zwei Magnete (11)

oder Polschuhe (18) aufweist, die Aufnahmeschlitz (19) haben zur bereichsweisen Aufnahme einer Kondensatorplatte (4b) des Plattenkondensators sowie des darauf befindlichen Prüflings (7) zur magnetischen Durchflutung des Prüflings 5 (7) in Längsrichtung beziehungsweise in Flachseiten-Erstreckungsrichtung. (Fig.6)

9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 3 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die kapazitive Sonde als Plattenkondensator mit zwei zueinander beabstandeten Elektroden ausgebildet ist, daß eine Elektrodenplatte als Auflageplatte für den Prüfling (7) dient, daß die Magnetanordnung U-förmig vorzugsweise mit zwei Permanentmagneten als Schenkel und einem diese an einem Ende verbindenden Weicheisenjoch ausgebildet ist, daß die Magnetisierung der Permanentmagnete etwa rechtwinklig zur Ebene der Kondensatorplatte ausgerichtet ist und daß die freien Enden der U-förmigen Magnetanordnung vorzugsweise in Ausnehmungen der Auflageplatte eingreifen, die sich bis nahe an die Auflageebene für den Prüfling (7) erstreckenden. (Fig.1)
10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 3 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die kapazitive Sonde (2) als Plattenkondensator mit zwei zueinander beabstandeten Elektroden ausgebildet ist, daß eine Elektrode (4a) zwischen zwei Permanentmagneten (11) oder Polschuhen (18) als Schenkel einer U-förmigen Magnetanordnung (5) und einem die Schenkel an einem Ende verbindenden Weicheisenplatte (12) angeordnet ist, und daß eine Halterung (17) zum insbesondere außenrandsseitigen Halten des Prüflings (7) zwischen den Elektroden vorgesehen ist. (Fig.5)
11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 3 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß beidseitig des Plattenkondensators

Magneten (5) jeweils mit zwei Permanentmagneten (11) oder Polschuhen (18) eines Elektromagneten als Schenkel einer U-förmigen Magnetenanordnung und einem die Schenkel an einem Ende verbindenden Weicheisenplatte (12) vorgesehen sind.

5

12. Vorrichtung nach Anspruch 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, daß die kapazitive Sonde als Ringkondensator mit einer Ringplattenelektrode (20, 20a) und einer stabförmigen, in die Ringplattenelektrode eintauchenden Elektrode (22) mit oder ohne Abschirmung ausgebildet ist, daß der Prüfling (7) während der Messung der elektrischen Kenngrößen ($K_0; K_B$) auf der Ringplattenelektrode (20, 20a) angeordnet ist und daß der Ringkondensator zwischen den Magneten oder Polschuhen (18) der Magnetenanordnung zur magnetischen Durchflutung des Prüflings (7) angeordnet ist.
13. Vorrichtung nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Magnetenanordnung zur magnetischen Durchflutung des Prüflings (7) etwa rechtwinklig zu dessen Erstreckungsebene und zur Ebene der Ringplattenelektrode angeordnet ist.
14. Vorrichtung nach Anspruch 12 oder 13, dadurch gekennzeichnet, daß die elektrischen Zuleitungen (27) zu den Elektroden des Ringkondensators seitlich herausgeführt sind.
15. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 12 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß die Ringplattenelektrode (20a) durch einen Magneten oder einen Polschuh (18) der Magnetenanordnung gebildet ist und eine vorzugsweise zentrale Durchtrittsöffnung (23) für die stabförmige Elektrode (22) sowie eine sich daran am inneren Ende anschließende Erweiterung (24) aufweist, in die das innere Ende der stabförmigen Elektrode ragt. (Fig. 8)

10

15

20

25

30

5 16. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 12 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß die Magnetenordnung (5e) ein U-förmiges Weicheisenjoch (25) mit an den Innenseiten der freien Enden angeordneten Permanentmagneten (26) aufweist, zwischen denen die als Ringkondensator ausgebildete, kapazitive Sonde angeordnet ist. (Fig.9)

10 17. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 3 bis 16, dadurch gekennzeichnet, daß als Träger für den Prüfling (7) eine Halterung (17) vorgesehen ist, die mit einer Positioniereinrichtung verbunden ist und daß die Halterung vorzugsweise als ringförmiger Rahmen zur außenrandseitigen Unterstützung des Prüflings (7) ausgebildet ist.

Fig. 2

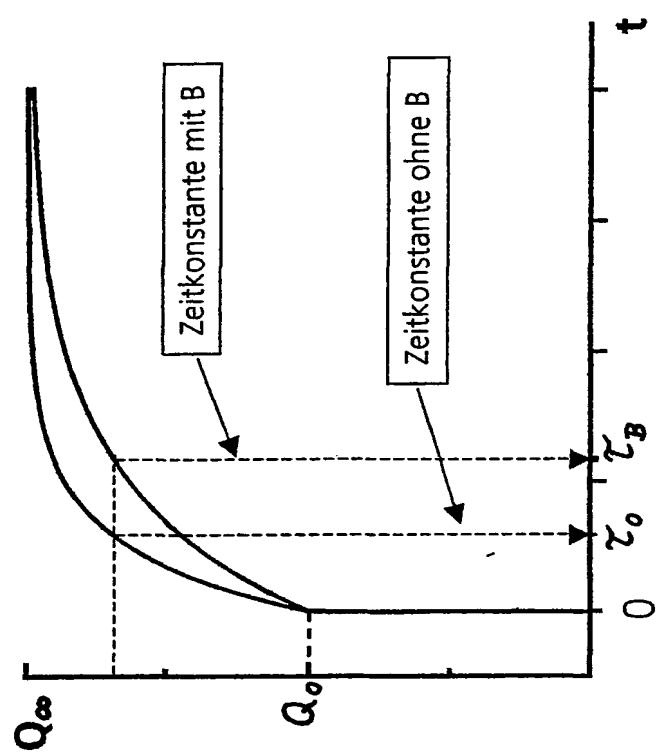


Fig. 1

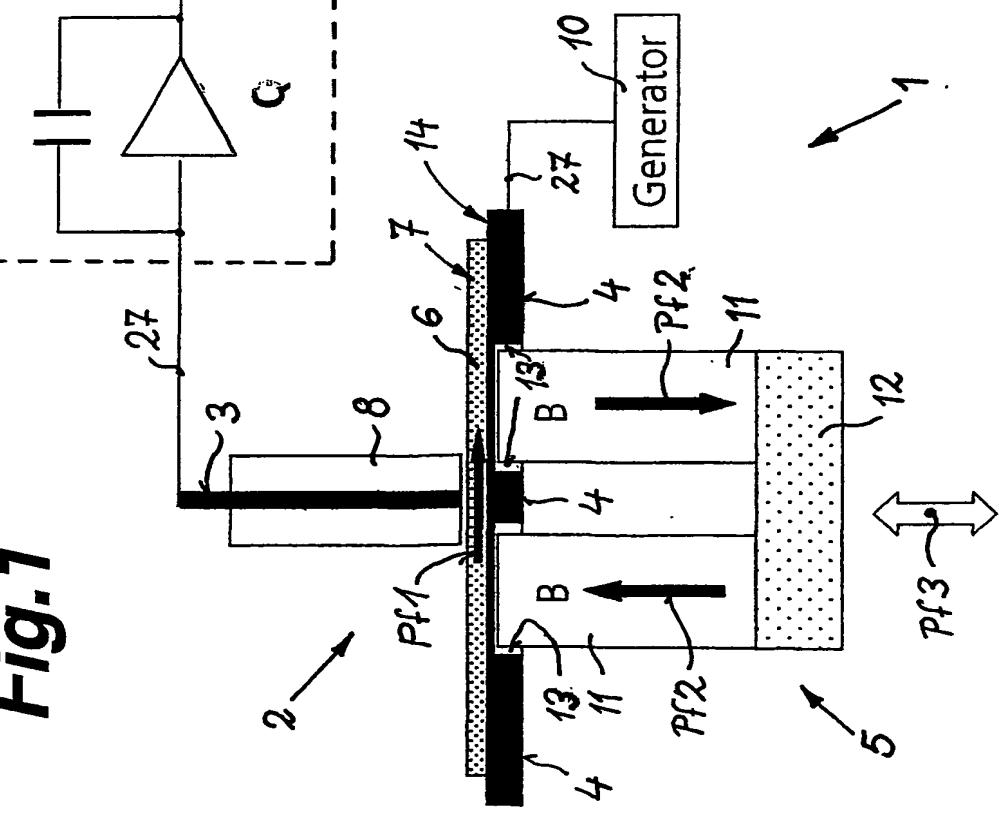


Fig. 3

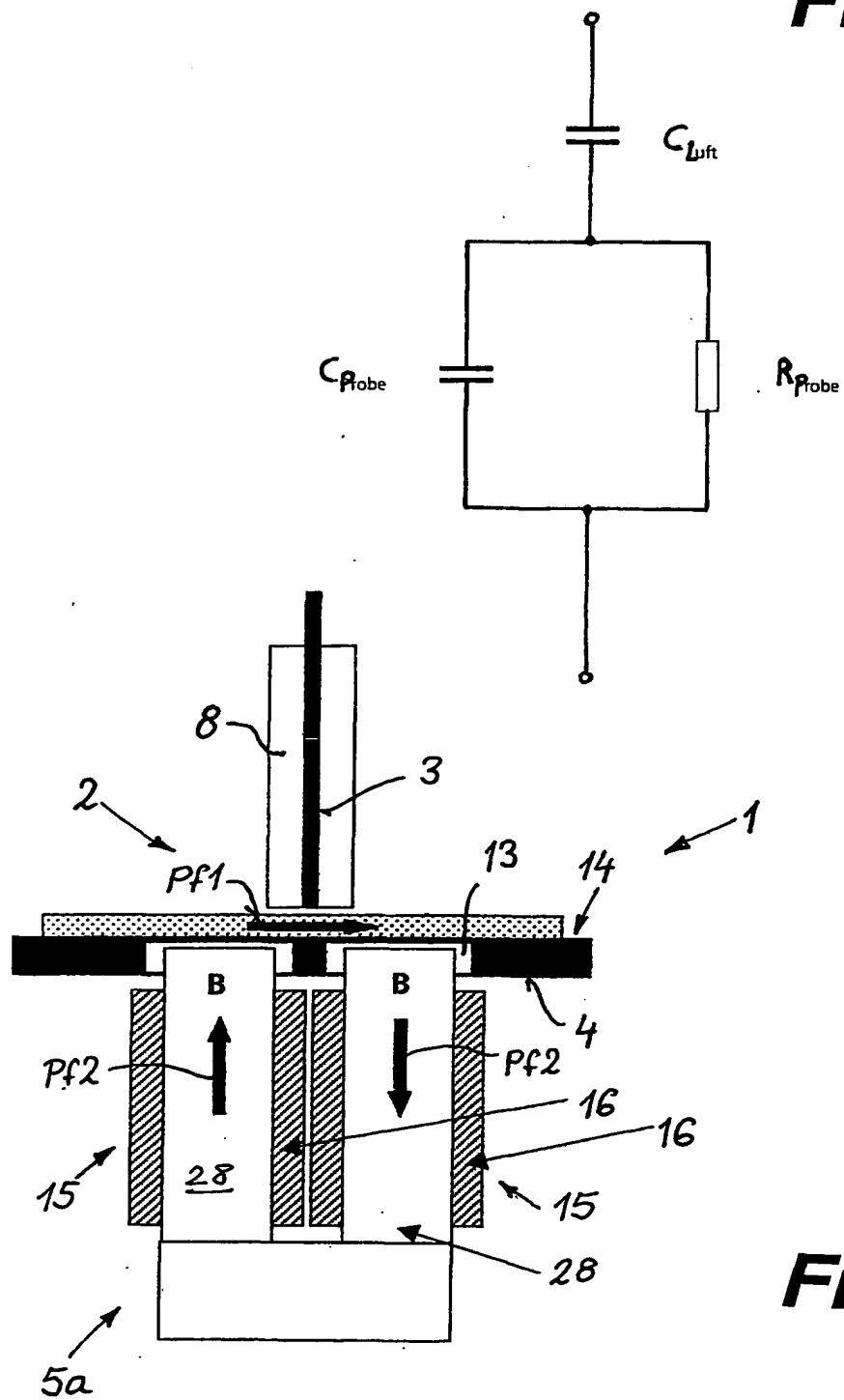


Fig. 4

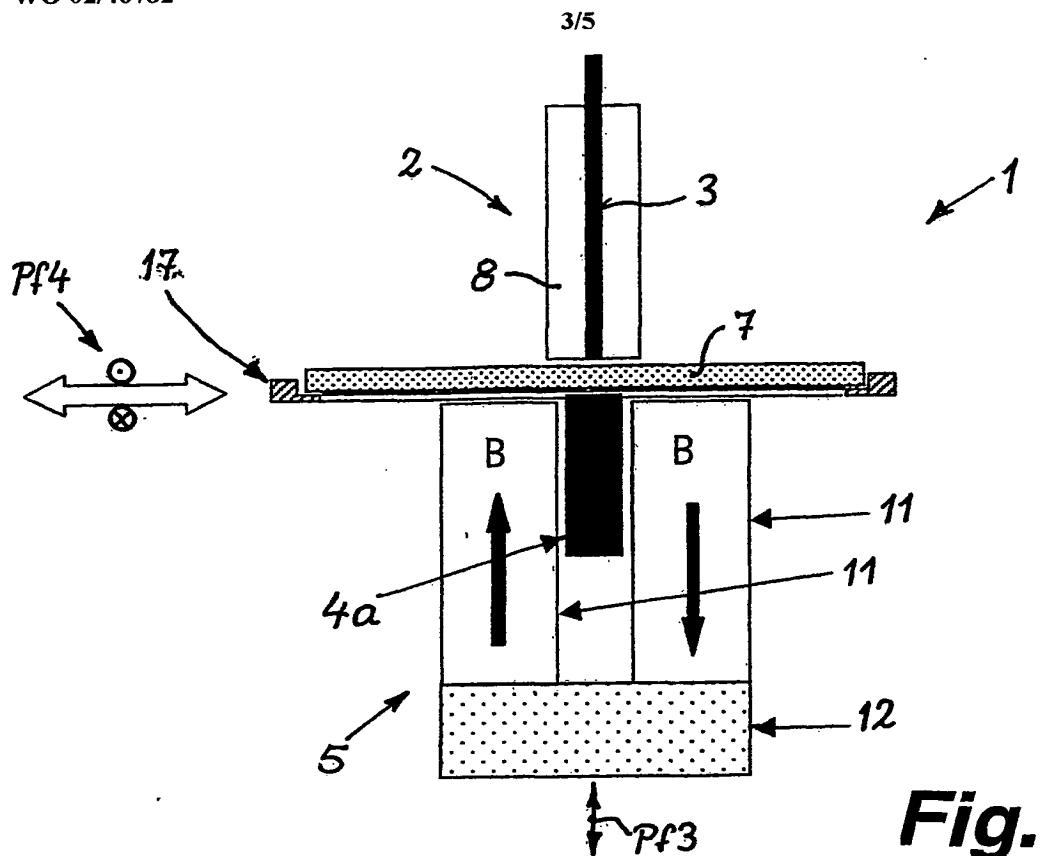
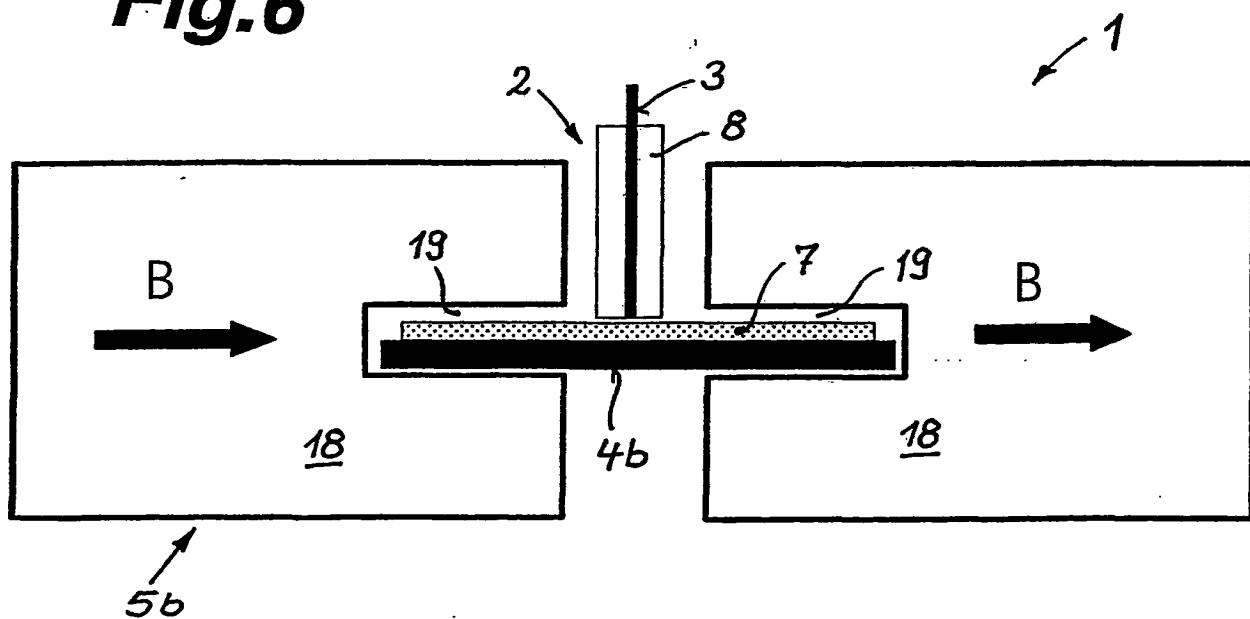


Fig. 5

Fig. 6



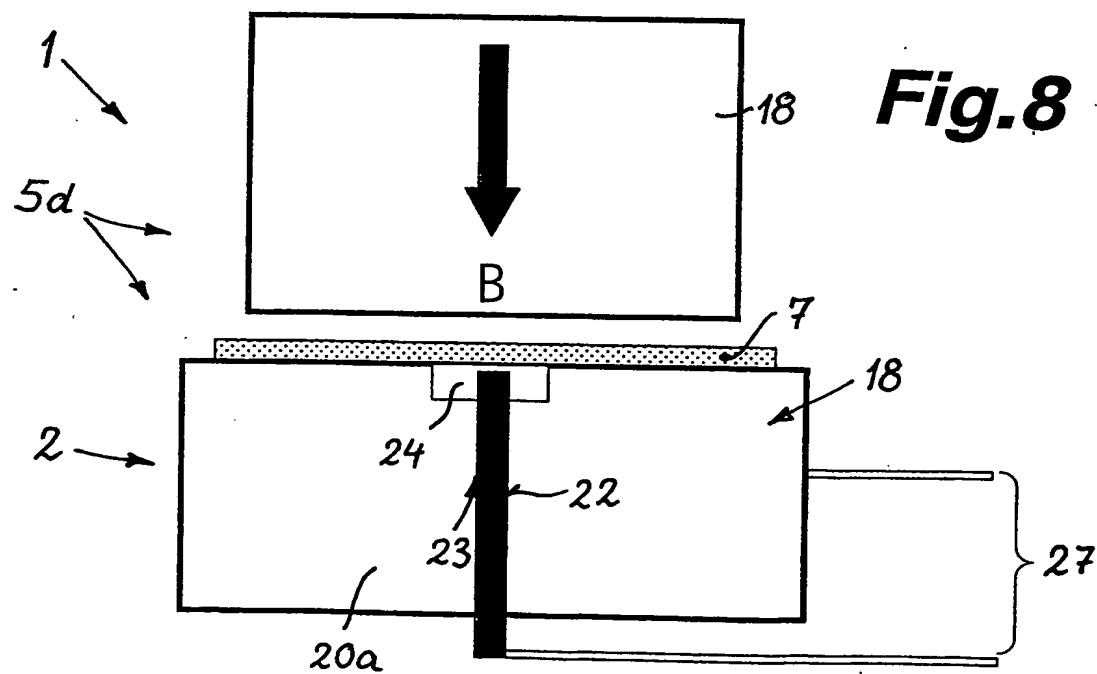
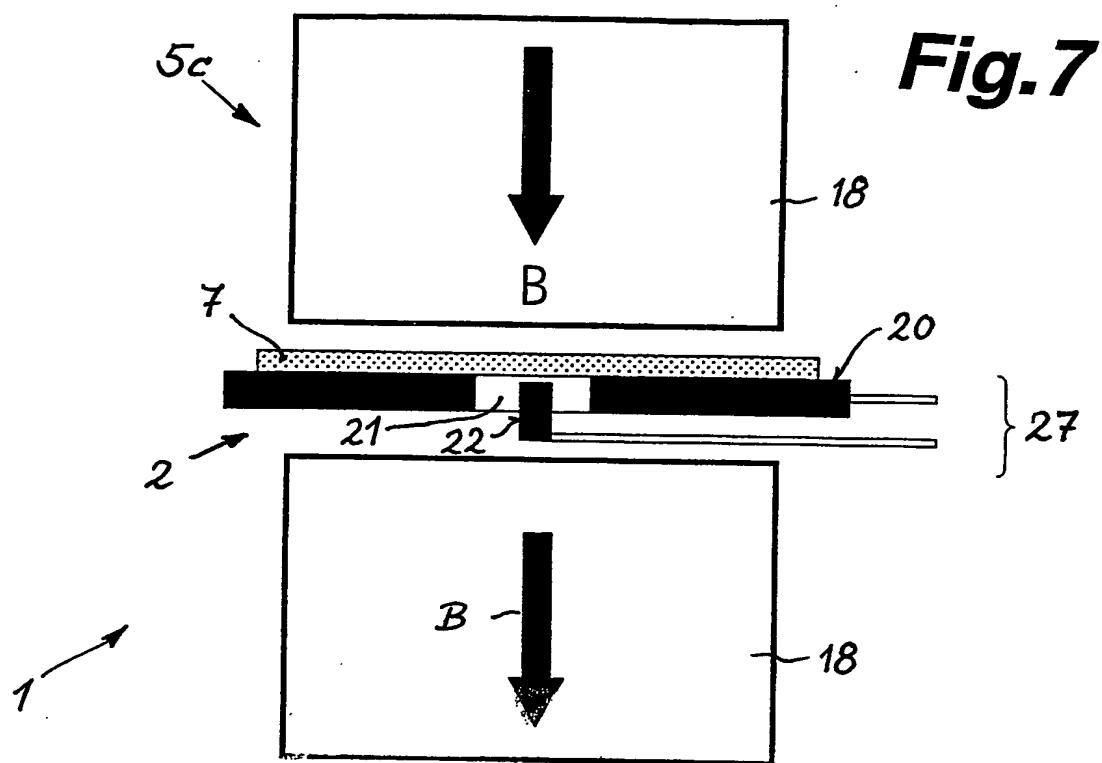
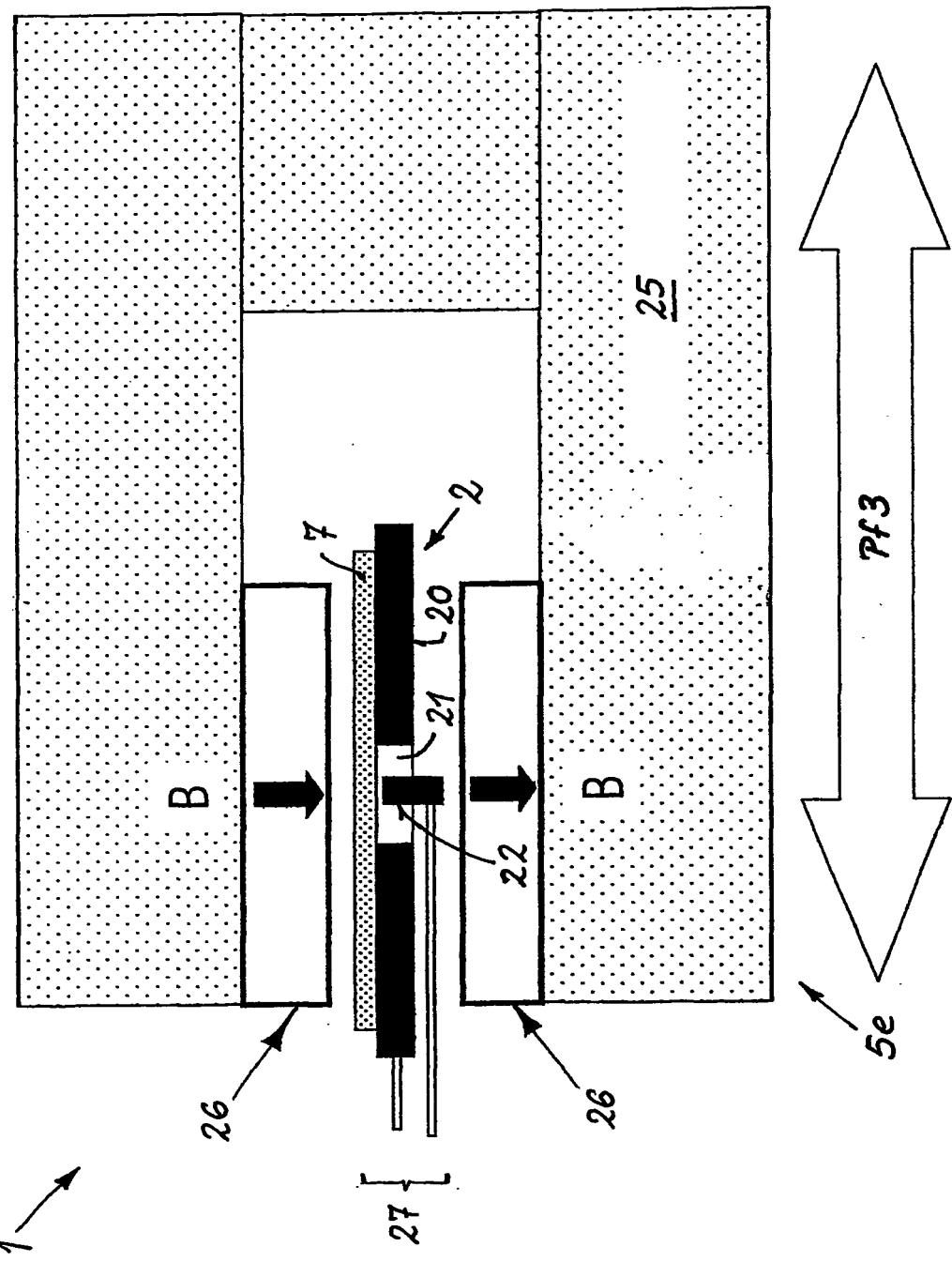


Fig.9



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/EP 01/13902

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 G01R31/265 G01R27/26

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 G01R

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 4 087 745 A (KENNEDY ET AL.) 2 May 1978 (1978-05-02) column 1, line 44 -column 2, line 6 column 2, line 56 -column 3, line 5; figures 1,2 ---- US 4 190 799 A (MILLER ET AL.) 26 February 1980 (1980-02-26) column 1, line 39 -column 2, line 56; figures 1,3-6,11 ----	1-3
A		1-3,12, 13

 Further documents are listed in the continuation of box C. Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents :

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the International filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- *&* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

23 April 2002

Date of mailing of the international search report

15/05/2002

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Iwansson, K

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

National Application No

PCT/EP 01/13902

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	STIBAL ET AL.: "contactless evaluation of semi-insulating GaAs wafer resistivity..." SEMICONDUCTOR SCIENCE AND TECHNOLOGY., vol. 6, 1991, pages 995-1001, XP002197174 INSTITUTE OF PHYSICS. LONDON., GB ISSN: 0268-1242 cited in the application page 996, right-hand column; figure 1 ---	1,3,5
A	EP 0 429 043 A (TOSHIBA) 29 May 1991 (1991-05-29) page 3, line 41 -page 4, line 9 page 4, line 57 -page 5, line 3 page 5, line 20 - line 31; figures 1-3 ---	1-4
A	DE 36 25 819 A (SHIN-ETSU) 12 February 1987 (1987-02-12) abstract; figures 1-3 ---	1-3
A	US 4 703 252 A (PROMETRIX) 27 October 1987 (1987-10-27) abstract -----	1-3

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

tional Application No

F01/EP 01/13902

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)		Publication date
US 4087745	A	02-05-1978	NONE		
US 4190799	A	26-02-1980	CA	1129002 A1	03-08-1982
			DE	2963414 D1	16-09-1982
			EP	0008721 A1	19-03-1980
			JP	55500582 T	04-09-1980
			WO	8000496 A1	20-03-1980
EP 429043	A	29-05-1991	JP	2921916 B2	19-07-1999
			JP	3218649 A	26-09-1991
			DE	69019309 D1	14-06-1995
			DE	69019309 T2	02-11-1995
			EP	0429043 A2	29-05-1991
			US	5179333 A	12-01-1993
			KR	9311705 B1	18-12-1993
DE 3625819	A	12-02-1987	JP	62028674 A	06-02-1987
			DE	3625819 A1	12-02-1987
US 4703252	A	27-10-1987	DE	3675413 D1	13-12-1990
			EP	0196158 A1	01-10-1986
			JP	1696208 C	28-09-1992
			JP	3057620 B	02-09-1991
			JP	61247046 A	04-11-1986

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

Iw/EP 01/13902

A. Klassifizierung des Anmeldungsgegenstandes
IPK 7 G01R31/265 G01R27/26

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestpräfisoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
IPK 7 G01R

Recherchierte aber nicht zum Mindestpräfisoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie°	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	US 4 087 745 A (KENNEDY ET AL.) 2. Mai 1978 (1978-05-02) Spalte 1, Zeile 44 -Spalte 2, Zeile 6 Spalte 2, Zeile 56 -Spalte 3, Zeile 5; Abbildungen 1,2	1-3
A	US 4 190 799 A (MILLER ET AL.) 26. Februar 1980 (1980-02-26) Spalte 1, Zeile 39 -Spalte 2, Zeile 56; Abbildungen 1,3-6,11	1-3,12, 13

 Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen Siehe Anhang Patentfamilie

- ° Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :
- *A* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
- *E* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
- *L* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
- *O* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
- *P* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

- *T* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist
- *X* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung, die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erforderlicher Tätigkeit beruhend betrachtet werden
- *Y* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung, die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erforderlicher Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist
- *&* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der Internationalen Recherche

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

23. April 2002

15/05/2002

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel: (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Iwansson, K

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

II	nationales Aktenzeichen
DE/EP 01/13902	

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	STIBAL ET AL.: "contactless evaluation of semi-insulating GaAs wafer resistivity..." SEMICONDUCTOR SCIENCE AND TECHNOLOGY., Bd. 6, 1991, Seiten 995-1001, XP002197174 INSTITUTE OF PHYSICS. LONDON., GB ISSN: 0268-1242 in der Anmeldung erwähnt Seite 996, rechte Spalte; Abbildung 1 ----	1,3,5
A	EP 0 429 043 A (TOSHIBA) 29. Mai 1991 (1991-05-29) Seite 3, Zeile 41 -Seite 4, Zeile 9 Seite 4, Zeile 57 -Seite 5, Zeile 3 Seite 5, Zeile 20 - Zeile 31; Abbildungen 1-3 ----	1-4
A	DE 36 25 819 A (SHIN-ETSU) 12. Februar 1987 (1987-02-12) Zusammenfassung; Abbildungen 1-3 ----	1-3
A	US 4 703 252 A (PROMETRIX) 27. Oktober 1987 (1987-10-27) Zusammenfassung -----	1-3

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
DE/EP 01/13902

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
US 4087745	A	02-05-1978	KEINE		
US 4190799	A	26-02-1980	CA	1129002 A1	03-08-1982
			DE	2963414 D1	16-09-1982
			EP	0008721 A1	19-03-1980
			JP	55500582 T	04-09-1980
			WO	8000496 A1	20-03-1980
EP 429043	A	29-05-1991	JP	2921916 B2	19-07-1999
			JP	3218649 A	26-09-1991
			DE	69019309 D1	14-06-1995
			DE	69019309 T2	02-11-1995
			EP	0429043 A2	29-05-1991
			US	5179333 A	12-01-1993
			KR	9311705 B1	18-12-1993
DE 3625819	A	12-02-1987	JP	62028674 A	06-02-1987
			DE	3625819 A1	12-02-1987
US 4703252	A	27-10-1987	DE	3675413 D1	13-12-1990
			EP	0196158 A1	01-10-1986
			JP	1696208 C	28-09-1992
			JP	3057620 B	02-09-1991
			JP	61247046 A	04-11-1986